הוספת מרכיב אחד ויחידי לפיזיקה הסטנדרטית להסבר הבעיות המרכזיות באסטרופיזיקה

שלושת הבעיות המרכזיות באסטרופיזיקה הסטנדרטית

כיום באסטרופיזיקה חוקרים מתמודדים עם שתי בעיות עיקריות, ועוד בעיה שנמצאת על גבול המדע.

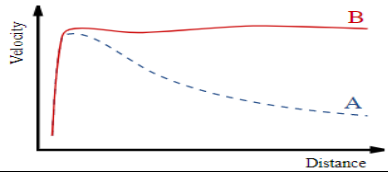
1. היקום מתפשט בתאוצה. היקום הולך ומתרחב בתאוצה. בניגוד מוחלט לחשיבה הפיזיקלית הסטנדרטית של כוח הגרביטציה. בפיזיקה כיום, גרביטציה הוא רק כוח מושך ולא כוח דוחה. כלומר, הכוח בין גופים, על פי ההבנה של גרביטציה מושך/מקרב אחד את השני. על כן, הכוח הגרביטציוני על פי ההבנה כיום, פועל רק בכיוון של כיווץ היקום ולא התפשטות היקום. לכן המרכיב שאחראי על תופעה חריגה זו של תאוצת התפשטות היקום לא יכול להיות מוסבר במסגרת הפיזיקה הסטנדרטית, ומכונה בפי החוקרים **אנרגיה אפלה**. כיוון שלא ניתן להבין כלל את טיבה של אנרגיה זו, היא נקראת אפלה.

2. גופים שנמצאים במרחקים הולכים וגדלים ממרכז הגלקסיה לא נעים במהירות המצופה מהם על פי החוק השני של ניוטון, בהתחשב במרחק שלהם ממרכז הגלקסיה. על פי חוק שני של ניוטון, כאשר עיקר המסה נמצאת במרכז הגלקסיה, הרי שחייב להתקיים :

$$\frac{GMm}{r^2} = m\frac{v^2}{r}$$

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

בניגוד לתחזית זו, מסתבר שכל הגופים נעים במהירות שווה זו לזו ללא תלות במרחקם ממרכז הגלקסיה. בכדי להסביר תופעה בלתי מובנת זו, חוקרים מניחים נוכחות של מסה נוספת המפוזרת בצפיפות הולכת ועולה בהתאם למרחקה ממרכז הגלקסיה, באופן כזה שחוק ניוטון השני נשאר תקף. מסה נוספת זו נקראת **חומר אפל**. כיוון שלא ידוע כלל טיב החומר הזה מלבד העובדה שהוא באינטראקציה גרביטציונית הוא נקרא אפל.



גרף A מהירות מצופה כפונקציה של המרחק ממרכז הגלקסיה. גרף B מהירות נצפית.

שתי בעיות אלו, מלמדות אותנו שהפיזיקה הסטנדרטית כיום נכשלת בהסבר רובו המוחלט של החומר/אנרגיה ביקום.

3. בעיה שלישית שנמצאת בגבול המדע היא המתח בין ההגדרה הבסיסית של אנרגיה, ושל חוק שימור האנרגיה לבין ראשית היווצרות אנרגיה ביקום. אנרגיה בהגדרתה היא כמות שמורה ביקום. כלומר גודל קבוע ביקום שלא יתכן בו שום שינוי. מכאן הבעייתיות או יותר נכון חוסר היכולת, להסביר את ראשית הופעת האנרגיה ביקום, במסגרת של חוק שימור האנרגיה.

הוספת מרכיב אחד לפיזיקה הסטנדרטית

שלושת הבעיות הקרדינליות האלו יכולות להיות מוסברות פרסימונית ביותר, ע״י הוספת מרכיב אחד בלבד לפיזיקה הסטנדרטית. כלומר, טיב אנרגיה אפלה, חומר אפל, ובעיית תקפות חוק שימור האנרגיה בראשית היווצרות היקום, יכולים להיות מוסברים ע״י הוספת מרכיב יחיד נוסף לפיזיקה הסטנדרטית. נקרא לחומר זה, לשם דיוננו כאן, חומר X.

התכונות של חומר X כדלהלן:

1. חומר זה נמצא בתווך הבין גלקטי מחוץ להצטברות של מסה סטנדרטית בגלקסיות. גלקסיות הן הצטברות של חומר סטנדרטי. במרחב העצום בין אותם צבירים של חומר סטנדרטי נמצא חומר X.

2. תכונת חומר X שהוא **דוחה** חומרX אחר. כלומר הכוח בין 2 מסות מסוג X הוא כוח דחייה ולא משיכה.

רכיב זה מתבקש מטעמי סימטריה גם ללא הבעיות באסטרופיזיקה הסטנדרטית!

לפני שנסביר כיצד חומר X פותר שלושת הבעיות הקרדינליות שהצגנו, נסביר, מדוע גם ללא שלושת הבעיות האלו, סביר שחומר בעל תכונות כפי שהגדרנו אכן קיים. בפיזיקה ידועים שלושה סוגי כוחות: הכוח האלקטרו-חלש (אלקטרו-מגנטי והכוח החלש מאוחדים), הכוח החזק, וגרביטציה. כל אחד מכוחות אלו:

הכוח האלקטרו-חלש והכוח החזק, הם גם כוח משיכה וגם כוח דחייה. כלומר כוח מתגלם בטבע בסימטריה זוגית, משיכה-דחייה. על כן, מתבקש בהכרח, שהכוח הגרביטציוני יהיה, סימטרי, כוח משיכה וכוח דחייה (להבהרה, כמו שמטען חשמלי חיובי ושלילי נמשכים זה לזה ומטענים חשמליים עם מטען זהה דוחים זה את זה). מתבקש שהכוח הגרביטציוני יהיה גם כוח דחייה ולא רק משיכה. תכונה 2 של חומר X.

כיצד חומר X מיישב את שלושת הבעיות הקרדינליות שאיתן מתמודדת האסטרופיזיקה הסטנדרטית?

1. העובדה שחומר X דוחה חומר X, והעובדה שחומר X בתווך הבין גלקטי הרי שנוצר אפקט גיאומטרי-מרחבי של מתיחה שכיוונו מחוץ לגלקסיה (אל עבר מרכז הגלקסיה), ניתן לתאר את האפקט הזה כעין דחיסה פנימה של שולי הגלקסיה, האפקט המרחבי הזה גורם לעקמימות גיאומטרית גדולה יותר בשולי הגלקסיה שהולכת וקטנה ככל שמתקרבים למרכז הגלקסיה. כלומר זהו אפקט מרחבי גיאומטרי זהה לאפקט של מסה נוספת (חומר אפל) בצפיפות שהולכת וגדלה ככל שנעים ממרכז הגלקסיה לכיוון שולי הגלקסיה. אפקט זה יכול להסביר כוח משיכה מוגבר בין מערכות בשולי הגלקסיה לבין מרכז הגלקסיה, ומכאן המהירות הנצפית, הגבוהה של מערכות במרחקים הולכים וגדלים ממרכז הגלקסיה, יותר ממה שהיינו מצפים בהתחשב ממרחקם ממרכז הגלקסיה.

$$\frac{GMm}{r^2} + F\,(NonStandard) = m\frac{v^2}{r}$$

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r} + \frac{rF(NonStandard)}{m}}$$

$$F(NonStandard) \propto r$$

2. חומר X **דוחה** חומר X. כיוון של כוח זה יכול להסביר את הגורם לתאוצה של התפשטות היקום. כוח בכיוון מתיחה/התפשטות, יכול להסביר תאוצה בהתאמה לכיוון הכוח.

3. הכוח בין חומר X לחומר X הוא דחייה, ההשפעה הגיאומטרית-מרחבית של חומר X היא הפוכה להשפעה הגיאומטרית-מרחבית של המסה הסטנדרטית. הרי שבניסוי מחשבתי, ניקח יחידת מסה סטנדרטית ויחידת

חומר X באותו מיקום גיאומטרי-מרחבי הרי שלא תהיה שם שום השפעה גיאומטרית מרחבית, כלומר לא תהיה שם השפעה של מסה, כלומר לא תהיה שם מסה-אנרגיה. לכן סך האנרגיה של יחידת חומר X ויחידת מסה סטנדרטית היא 0. הבעיה השלישית, שהצגנו עסקה באי היכולת של חוק שימור האנרגיה להיות תקף בהיווצרות הראשונית של היקום מתיישבת, מכיוון שסך הכול לא נוצרה אנרגיה. סך האנרגיה של היקום מהיווצרותו הוא 0 ונשמר להיות 0.

חומר X יכול להיות מאפיין של המרחב עצמו!

שאלות לדיון לתלמידים:

*כיצד ניתן לבחון תיאוריה זו?

*מה היתרונות ומה החסרונות של תיאוריה זו בהשוואה לפתרונות אחרים? (חומר אפל ואנרגיה אפלה, מודיפיקציה של חוקי ניוטון, צבירים של אנטי-חומר וכו')